

Внутрисосудистый ультразвук и ангиография в ходе чрескожного коронарного вмешательства у пациентов с острым инфарктом миокарда: анализ дожития и затратной эффективности (однолетнее наблюдение)

Родионов А.А.¹, Соловьев В.А.², Ардеев В.Н.², Зауралов О.Е.², Соловьева А.В.¹

¹ФГБОУ ВО "Тверской государственный медицинский университет" Минздрава России. Тверь; ²ГБУЗ Ленинградской области "Всеволожская клиническая межрайонная больница". Всеволожск, Россия

Цель. Определить число лет жизни — YLL (Years Life Lost), потерянных в результате неиспользования внутрисосудистого ультразвукового исследования (ВСУЗИ) в процессе чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) у пациентов с острым инфарктом миокарда с подъёмом сегмента ST (ИМнST) и провести анализ затратной эффективности методики.

Материал и методы. Исследование представляло собой рандомизированный контролируемый эксперимент лечения пациентов (n=431) с острым ИМнST на базе отделения рентгенинтервенционных методов диагностики и лечения Всеволожской клинической межрайонной больницы. Пациентам первой группы (n=161) ЧКВ было выполнено под контролем ВСУЗИ, пациентам второй группы (n=270) — под ангиографическим контролем. Критерием включения в исследование был факт наличия изменений на электрокардиограмме, соответствующих острому ИМнST, впоследствии подтверждённый данными коронарографии. Из исследования были исключены пациенты с кардиогенным шоком вследствие ожидаемых более высоких показателей госпитальной и однолетней летальности в сравнении с пациентами с острым ИМнST без кардиогенного шока. Были построены традиционные таблицы дожития, проведен анализ различий вероятности смерти в течение одного года после операции, построена модель, показывающая число пациентов, чьи жизни дополнительно могли бы сохранить, если бы всем пациентам из группы ангиографии ЧКВ было бы дополнено ВСУЗИ. Проведен расчет числа больных, которых необходимо лечить для предотвращения одного неблагоприятного исхода, и расчет стоимости сохраненных лет жизни благодаря внедрению ВСУЗИ.

Результаты. Неиспользование ВСУЗИ при стентировании коронарных артерий у пациентов с острым ИМнST (n=270) потенциально приводит к потерям YLL в размере 117,3 человеко-лет. Число

больных, которых необходимо лечить для предотвращения одного неблагоприятного исхода, составило 12,9 (95% доверительный интервал: 7,3-104). Стоимость одного сохраненного человеко-года жизни для регионального министерства здравоохранения составила 195666 руб. в анализируемый период времени. При этом увеличение расходов на одну, дополнительно сохраненную в течение года жизнь — 1 105 000 рублей.

Заключение. Использование ВСУЗИ у пациентов с острым ИМнST имеет высокий экономический потенциал и социальную направленность при долгосрочном анализе.

Ключевые слова: инфаркт миокарда с подъёмом сегмента ST, летальность, внутрисосудистое ультразвуковое исследование, чрескожное коронарное вмешательство, затратная эффективность.

Отношения и деятельность: нет.

Поступила 05/03-2025

Рецензия получена 14/03-2025

Принята к публикации 02/06-2025



Для цитирования: Родионов А.А., Соловьев В.А., Ардеев В.Н., Зауралов О.Е., Соловьева А.В. Внутрисосудистый ультразвук и ангиография в ходе чрескожного коронарного вмешательства у пациентов с острым инфарктом миокарда: анализ дожития и затратной эффективности (однолетнее наблюдение). *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2025;24(8):4378. doi: 10.15829/1728-8800-2025-4378. EDN: RNXUOI

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

e-mail: rodionovaa@tvngmu.ru

[Родионов А.А. — к.м.н., магистр общественного здравоохранения, доцент кафедры организации и информатизации здравоохранения, начальник управления подготовки кадров высшей квалификации, врач, ORCID: 0000-0002-7226-772X, Соловьев В.А. — врач отделения рентгенинтервенционных методов диагностики и лечения, ORCID: 0000-0003-1631-2423, Ардеев В.Н. — зав. отделением, врач отделения рентгенинтервенционных методов диагностики и лечения, ORCID: 0000-0003-2723-0511, Зауралов О.Е. — к.м.н., врач отделения рентгенинтервенционных методов диагностики и лечения, ORCID: 0000-0001-8898-9965, Соловьева А.В. — к.м.н., доцент, зав. кафедрой организации и информатизации здравоохранения, проректор по реализации национальных проектов и развитию регионального здравоохранения, врач, ORCID: 0000-0002-7603-3170].

Intravascular ultrasound and angiography during percutaneous coronary intervention in patients with acute myocardial infarction: survival and cost-effectiveness analysis (one-year follow-up)

Rodionov A. A.¹, Soloviev V. A.², Ardeev V. N.², Zauralov O. E.², Solovieva A. V.¹

¹Tver State Medical University. Tver; ²Vsevolozhsk Clinical Interdistrict Hospital. Vsevolozhsk, Russia

Aim. To determine the number of years of lost life (YLL) as a result of not using intravascular ultrasound (IVUS) during percutaneous coronary intervention (PCI) in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction (STEMI), as well as to conduct a cost-effectiveness analysis.

Material and methods. This randomized controlled study included 431 patients with acute STEMI treated at the Department of X-ray Surgical Diagnostic and Treatment Methods of the Vsevolozhsk Clinical Interdistrict Hospital. Patients of the first group (n=161) underwent IVUS-guided PCI, while patients of the second group (n=270) — angiography-guided PCI. The inclusion criterion was electrocardiographic changes corresponding to acute STEMI, followed by coronary angiography confirmation. Patients with cardiogenic shock were excluded from the study due to expected higher rates of inhospital and one-year mortality compared to patients with acute STEMI without cardiogenic shock. Traditional life tables were constructed, and an analysis of differences in death probability within one year after surgery was performed. A model was constructed showing the number of lives could have been saved if all patients in the PCI angiography group had been supplemented with IVUS. The number of patients who need to be treated to prevent one adverse outcome and the cost of life-years saved due to the implementation of IVUS were calculated.

Results. Not using IVUS for coronary artery stenting in patients with acute STEMI (n=270) potentially results in YLL losses of 117,3 person-years. The number of patients who need to be treated to prevent one adverse outcome was 12,9 (95% confidence interval: 7,3-104). The cost of one saved person-year of life for the regional Ministry of Health

was RUB 195 666 in the analyzed period. At the same time, the increase in costs for one additional life saved during the year is RUB 1 105 000.

Conclusion. IVUS in patients with acute STEMI has high economic potential and social orientation in a long-term analysis.

Keywords: ST-segment elevation myocardial infarction, mortality, intravascular ultrasound, percutaneous coronary intervention, cost-effectiveness.

Relationships and Activities: none.

Rodionov A. A.* ORCID: 0000-0002-7226-772X, Soloviev V. A. ORCID: 0000-0003-1631-2423, Ardeev V. N. ORCID: 0000-0003-2723-0511, Zauralov O. E. ORCID: 0000-0001-8898-9965, Solovieva A. V. ORCID: 0000-0002-7603-3170.

*Corresponding author: rodionovaa@tvgmu.ru

Received: 05/03-2025

Revision Received: 14/03-2025

Accepted: 02/06-2025

For citation: Rodionov A. A., Soloviev V. A., Ardeev V. N., Zauralov O. E., Solovieva A. V. Intravascular ultrasound and angiography during percutaneous coronary intervention in patients with acute myocardial infarction: survival and cost-effectiveness analysis (one-year follow-up). *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2025;24(8):4378. doi: 10.15829/1728-8800-2025-4378. EDN: RNXUOI

ВСУЗИ — внутрисосудистое ультразвуковое исследование, ИМпST — инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST, ЧБНЛ — число больных, которых необходимо лечить для предотвращения одного неблагоприятного исхода, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство, YLL — Years Life Lost (число потерянных лет жизни).

Введение

Еще несколько десятилетий назад рентген-контрастная ангиография считалась эталонным методом оценки наличия и степени выраженности коронарного атеросклероза [1]. Однако основным недостатком данного вида исследования является неспособность визуализировать непосредственно атеросклеротическую бляшку, поскольку стандартная ангиография предоставляет лишь двумерное изображение контуров просвета сосудов. Исследования последних лет показали слабую корреляцию между данными ангиографии и гистологическими данными [1-5], что дополнительно свидетельствует об ограниченности данной методики. В свою очередь, все это стимулирует как научный, так и практический интерес к альтернативным методам, обеспечивающим исследование структур сосудистой стенки и прямую визуализацию атеросклеротической бляшки в ходе чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ), таким как внутрисосудистое ультразвуковое исследование (ВСУЗИ) [6]. Это подтверждается фактом неуклонного роста частоты применения различных модальностей внутрисосу-

дистой визуализации при эндоваскулярном лечении пациентов в нашей стране [7-10].

Способность ВСУЗИ непосредственно оценить структуру и планиметрию сосуда, отражая морфологию поражения, делает данный метод потенциально более предпочтительным для данных целей. В настоящее время большинство масштабных исследований, посвященных регрессии/прогрессии атеросклероза, используют те или иные модальности внутрисосудистой визуализации [2, 3].

На сегодняшний день существует огромная доказательная база, согласно которой дополнительное использование ВСУЗИ во время ЧКВ способно улучшить непосредственные и отдаленные результаты ЧКВ [11-13]. Тем не менее, вопрос целесообразности интраоперационного использования ВСУЗИ при проведении ЧКВ у пациентов с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST (ИМпST) вызывает ряд споров у профильных специалистов.

Настоящее исследование позволит оценить масштаб потерь числа лет жизни — YLL (Years Life Lost) вследствие неиспользования ВСУЗИ в процессе ЧКВ у пациентов с острым ИМпST, а также

Ключевые моменты

Что известно о предмете исследования?

- Основным недостатком рентген-контрастной ангиографии в эндоваскулярном лечении пациентов с острым инфарктом миокарда является неспособность визуализировать непосредственно атеросклеротическую бляшку.
- Исследования показали слабую корреляцию между данными ангиографии и гистологическими данными.
- Внутрисосудистое ультразвуковое исследование (ВСУЗИ) может рассматриваться в качестве лучшей альтернативы.

Что добавляют результаты исследования?

- Использование ВСУЗИ во время операции чрескожного коронарного вмешательства у пациентов с острым инфарктом миокарда способно улучшить непосредственные и отдалённые результаты.
- Определена стоимость года человеческой жизни, добавленного за счет применения ВСУЗИ в ходе операции чрескожного коронарного вмешательства.

Key messages

What is already known about the subject?

- The main disadvantage of X-ray angiography in endovascular treatment of patients with acute myocardial infarction is the inability of direct plaque imaging.
- Studies have shown a weak correlation between angiographic and histological data.
- Intravascular ultrasound (IVUS) may be considered as a better alternative.

What might this study add?

- IVUS during percutaneous coronary intervention in patients with acute myocardial infarction can improve immediate and long-term outcomes.
- The cost per year of life gained due to the use of IVUS during percutaneous coronary intervention was determined.

экономический эффект от его дополнительного использования.

Цель работы — определить число лет жизни (YLL), потерянных в результате неиспользования ВСУЗИ в процессе ЧКВ у пациентов с острым ИМпСТ, и провести анализ затратной эффективности методики (Cost-Effectiveness Analysis) для улучшения результатов лечения пациентов с острым ИМпСТ.

Материал и методы

Работа выполнена в соответствии с этическими принципами проведения исследований с участием человека Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации.

Исследование было одобрено локальным этическим комитетом, носило экспериментальный характер и проводилось на базе отделения рентген-хирургических методов диагностики и лечения Всеволожской клинической межрайонной больницы в период 2022–2024гг. В исследование вошли все пациенты, госпитализированные с острым ИМпСТ (n=431). После подписания информированного добровольного согласия пациенты были рандомизированы в 2 группы при помощи метода конвертов, исходя из соотношения ВСУЗИ/ангиография — 3/5. Показатели клинико-функциональной картины и интраоперационных характеристик представлены в таблице 1. Пациентам первой группы (n=161) ЧКВ проводилось с использованием ВСУЗИ. Пациентам второй группы (n=270) реваскуляризация осуществлялась только под контролем ангиографии, без применения ВСУЗИ.

В группе ВСУЗИ-контроля ЧКВ протяжка датчика осуществлялась до и после имплантации стента. Критерии оптимального раскрытия стента соответствовали критериям Европейского консенсуса по использованию интракоронарной визуализации: аппозиция краёв стента в участок артерии с площадью бляшки <50% по проксимальному и дистальному краю стента, отношение минимальной площади раскрытия стента к дистальному референсу >90%, к среднему референсу >80%, отсутствие краевых диссекций >60° по окружности или >2 см по протяженности, отсутствие больших протрузий, отсутствие мальаппозиции стента >0,4 мм по окружности или 1 мм по длине [14]. Соблюдения всех вышеуказанных критериев удавалось достичь в 83,2% случаев.

Все пациенты после стентирования получали оптимальную медикаментозную терапию в соответствии с действующими клиническими рекомендациями [15]. После реваскуляризации и выписки из стационара связь с пациентами поддерживалась путём регулярных телефонных обзвонов и проводились амбулаторные наблюдения с регистрацией исходов. Конечной точкой исследования была смерть пациента.

Качественные переменные в группах пациентов представлены в виде абсолютных значений и процентов, количественные — в виде медианы и интерквартильного размаха (Me [Q25; Q75]). Для сравнения качественных переменных между группами использован точный тест Фишера, для количественных — бутстреп-версию теста Стьюдента для независимых переменных.

После сбора данных были построены традиционные таблицы дожития: реальной когорты пациентов, подвергнутых ЧКВ в течение одного года после хирургического

Таблица 1

Основные клиничко-функциональные и интраоперационные характеристики исследуемых групп

Показатель	Группа ВСУЗИ (n=161)	Группа ангиографии (n=270)	p
Мужской пол, n (%)	116 (72)	195 (72,2)	0,527
Возраст, лет, Ме [Q25; Q75]	60 [58; 62]	63 [62; 65]	0,119
Рост, см, Ме [Q25; Q75]	171 [169; 172]	170 [169; 171]	0,706
Масса тела, кг, Ме [Q25; Q75]	83 [81; 85]	82 [80; 84]	0,822
Курение, n (%)	84 (52,2)	135 (50)	0,736
Артериальная гипертензия, n (%)	105 (65,2)	189 (70)	0,355
Наличие сахарного диабета 2 типа, n (%)	42 (26,1)	64 (23,7)	0,329
Наличие фибрилляции предсердий, n (%)	12 (7,5)	29 (10,7)	0,170
Наличие дислипидемии, n (%)	78 (48,8)	135 (54,7)	0,323
Наличие ХСН, n (%)	19 (11,8)	41 (15,2)	0,402
Инсульт в анамнезе	13 (8,1)	24 (8,9)	0,909
Перенесённый ранее ИМ, n (%)	22 (13,7)	24 (8,9)	0,087
Тропонин I, нг/мл, Ме [Q25; Q75]	6,4 [3,7; 9,1]	5,5 [3,7; 7,2]	0,239
Тромболизис на догоспитальном этапе, n (%)	54 (38)	92 (34,1)	0,449
Время до восстановления кровотока, Ме [Q25; Q75]	329 [292; 365]	330 [307; 352]	0,527
Количество пораженных КА, Ме [Q25; Q75]	2 [1; 2]	2 [1; 2]	0,551
Стентирование КА в анамнезе, n (%)	23 (14,3)	15 (5,6)	0,002
АКШ в анамнезе, n (%)	2 (1,2)	1 (0,4)	0,314
TIMI 0 до ЧКВ, n (%)	64 (39,8)	134 (49,6)	0,029
TIMI III после ЧКВ, n (%)	127 (78,9)	219 (81,1)	0,329
Частота развития slow/no-reflow, n (%)	12 (7,5)	18 (6,6)	0,449
Применение ингибиторов гликопротеида IIb/IIIa, n (%)	10 (6,2)	8 (3)	0,085

Примечание: АКШ — аортокоронарное шунтирование, ИМ — инфаркт миокарда, КА — коронарные артерии, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство, TIMI — Thrombolysis In Myocardial Infarction.

вмешательства — отдельно для группы ВСУЗИ и отдельно для группы ангиографии, и гипотетической когорты пациентов для расчета вклада вида вмешательства в продолжительность жизни пациентов. Проведен анализ различий вероятности смерти в течение одного года после операции. Построена модель, показывающая число пациентов (из 270 группы ангиографии), чьи жизни дополнительно могли бы быть сохранены, если бы ЧКВ было бы дополнено ВСУЗИ-контролем.

Проведен расчет числа больных, которых необходимо лечить (ЧБНЛ) для предотвращения одного неблагоприятного исхода. Проведен расчет стоимости сохраненных лет жизни вследствие внедрения ВСУЗИ в рутинную клиническую практику эндоваскулярного лечения пациентов с острым ИМпСТ.

База данных создана в программе LibreOffice® 24.8.4 и обработана средствами LibreOffice® 24.8.4 и IBM SPSS 26.

Результаты

Для проведения анализа дожития первоначально была построена таблица дожития реальной когорты пациентов, которым было выполнено экстренное стентирование коронарных артерий в связи с острым ИМпСТ в течение одного года после реваскуляризации, отдельно для группы ВСУЗИ-контроля и отдельно для группы ангиографического контроля ЧКВ. Данные анализа дожития представлены в таблице 2.

Пациенты после реваскуляризации с ВСУЗИ имеют преимущества в выживании в сравнении с пациентами, у которых стентирование было выполнено исключительно под ангиографическим контролем (таблица 2). Это связано с тем, что количество повторных кардиальных событий с летальными исходами после операции за период наблюдения в группе ангиографии без ВСУЗИ было статистически значимо больше (точный тест Фишера, $p < 0,001$), чем в группе ВСУЗИ.

При этом различия в выживаемости пациентов были очевидны уже к концу 1-го мес. На тот момент они составляли 4%, возросли до 5% к концу 2-го мес. и до 6% к концу 4-го мес. Данный разрыв продолжил увеличиваться и далее, достигнув практически 10% к концу периода наблюдения.

На втором этапе для расчета вклада вида вмешательства в продолжительность жизни пациентов была построена модель дожития гипотетической когорты пациентов (таблица 3).

Короткий срок наблюдения за пациентами ограничивает возможности метода в отношении прогноза. Тем не менее, раннее достижение различий в этом основном исходе оказывается весьма интересным, поскольку научный интерес представляют относительные, а не абсолютные величины. Так, различия в ожидаемой продолжительности

Таблица 2

Таблица дожития реальной когорты пациентов,
которым была выполнена операция ЧКВ в связи с острым ИМпСТ

Временные интервалы (дни)	Число доживших до начала интервала	Число смертельных случаев	Доля умерших внутри интервала	Доля выживших внутри интервала	Доля доживших до конца интервала
Группа ВСУЗИ	0	161	10	0,06	0,94
	30	151	1	0,01	0,99
	60	150	—	0,00	1,00
	90	150	—	0,00	1,00
	120	150	1	0,01	0,99
	150	149	—	0,00	1,00
	180	149	—	0,00	1,00
	210	149	—	0,00	1,00
	240	149	—	0,00	1,00
	270	149	—	0,00	1,00
	300	149	—	0,00	1,00
	330	149	—	0,00	1,00
	360	149	—	0,00	1,00
Группа ангиографии	0	270	26	0,10	0,90
	30	244	4	0,02	0,98
	60	240	1	0,00	1,00
	90	239	2	0,01	0,99
	120	237	2	0,01	0,99
	150	235	1	0,00	1,00
	180	234	—	0,00	1,00
	210	234	1	0,00	1,00
	240	233	—	0,00	1,00
	270	233	1	0,00	1,00
	300	232	1	0,00	1,00
	330	231	1	0,00	1,00
	360	230	1	0,01	0,99

Примечание: ВСУЗИ — внутрисосудистое ультразвуковое исследование.

жизни пациентов, из группы применения ВСУЗИ по сравнению с группой ангиографического контроля ЧКВ на момент операции, составляет 418 дней или 40%. Такие же различия на момент истечения года после операции всё ещё превышают 400 дней, а их доля возрастает до 50%.

Проведен анализ различий вероятности умереть в течение одного года после операции. Построена модель, показывающая число пациентов, чьи жизни дополнительно могли бы быть сохранены, если бы ЧКВ было дополнено ВСУЗИ (таблица 4).

Согласно данным, неиспользование ВСУЗИ при стентировании коронарных артерий у 270 пациентов потенциально дает YLL в размере 117,3 человеко-лет.

С целью уточнения данной информации был проведен расчет показателя ЧБНЛ. Исходом выступало наступление смерти от всех причин. В качестве срока наблюдения использован один год. Значение ЧБНЛ составило 12,9 с 95% доверительным интервалом (ДИ): 7,3–104. По понятным причинам, значение 12,9 округляется до 13.

Таким образом, для предотвращения одного неблагоприятного исхода (смерти в течение года после операции) достаточно 13 пациентов перевести из группы ангиографического контроля ЧКВ в группу ВСУЗИ.

Согласно тарифам 2024г, стоимость ЧКВ зависит от количества имплантируемых стентов. ЧКВ без ВСУЗИ оплачивается следующим образом: ЧКВ с одним стентом стоит 199 124 рубля, ЧКВ с двумя стентами — 230 121 рубль, ЧКВ с тремя стентами — 260 837 рублей. ЧКВ со ВСУЗИ оплачивается следующим образом: ЧКВ со ВСУЗИ и одним стентом стоит 287 307 рублей, ЧКВ со ВСУЗИ и двумя стентами — 313 443 рубля, ЧКВ со ВСУЗИ и тремя стентами — 344 313 рублей.

Таким образом, ЧКВ со ВСУЗИ и одним стентом обходится дороже на 88 183 рубля, различия в стоимости для ЧКВ с двумя и тремя стентами составляют 83 322 рубля и 83 476 рублей, соответственно. При этом среднее различие составило ~85 000 рублей. Данная величина была использована нами для расчетов затратной эффективности.

Таблица 3

Таблица дожития гипотетической когорты пациентов,
которым была выполнена операция ЧКВ в связи с острым ИМпСТ

	Время (дни)	Число доживших до начала интервала	Суммарная доля доживших до конца интервала	Точное число доживающих до x дней после операции (l_x)	Число человеко-дней, прожитых пациентами на x день после операции (${}_nL_x$)	Число человеко- дней, которые предстоит прожить пациентам на x день после операции (T_x)	Ожидаемая продолжительность предстоящей жизни для времени после операции x (e_x)
Группа ВСУЗИ	0	161	0,940	100000	2906832	105109071	1051,1
	30	151	0,931	93789	2804348	102304724	1090,8
	60	150	0,930	93168	2795031	99509693	1068,1
	90	150	0,930	93168	2795031	96714662	1038,1
	120	150	0,930	93168	2785714	93928947	1008,2
	150	149	0,928	92547	2776398	91152550	984,9
	180	149	0,928	92547	2776398	88376152	954,9
	210	149	0,928	92547	2776398	85599755	924,9
	240	149	0,928	92547	2776398	82823357	894,9
	270	149	0,928	92547	2776398	80046960	864,9
	300	149	0,928	92547	2776398	77270562	834,9
	330	149	0,928	92547	2776398	74494165	804,9
	360	149	0,928	92547	37247082	37247082	804,9
Группа ангиографии	0	270	0,900	100000	2855556	63296790	633,0
	30	244	0,890	90370	2688889	60607901	670,7
	60	240	0,889	88889	2661111	57946790	651,9
	90	239	0,885	88519	2644444	55302346	624,8
	120	237	0,880	87778	2622222	52680123	600,2
	150	235	0,850	87037	2605556	50074568	575,3
	180	234	0,840	86667	2600000	47474568	547,8
	210	234	0,840	86667	2594444	44880123	517,8
	240	233	0,830	86296	2588889	42291234	490,1
	270	233	0,830	86296	2583333	39707901	460,1
	300	232	0,830	85926	2572222	37135679	432,2
	330	231	0,830	85556	2561111	34574568	404,1
	360	230	0,820	85185	17287284	17287283	404,1

Примечание: ВСУЗИ — внутрисосудистое ультразвуковое исследование.

Общее количество человеко-лет жизни, которые возможно были бы сохранены в том случае, если бы у всех 270 пациентов с острым ИМпСТ, которым было выполнено ЧКВ под контролем ангиографии, дополнить ВСУЗИ, составляет >117 лет. При этом затраты здравоохранения увеличились бы на ~22 950 000 руб. ($270 \times 85\,000$). Таким образом, стоимость одного сохраненного человеко-года жизни для регионального министерства здравоохранения составила бы 195 666 рублей ($22\,950\,000/117$).

Представляет интерес расчет затратной эффективности в отношении добавочной стоимости одного случая дополнительно сохраненной жизни через один год после операции. Как показано выше, для предотвращения одного случая смерти необходимо 13 пациентов перевести из группы ангиографического контроля ЧКВ в группу ВСУЗИ. Следовательно, стоимость дополнительно сохраненного

года жизни составит от 3 735 000 до 4 476 000 руб. При этом расходы на одну, дополнительно сохраненную в течение года жизнь, увеличиваются лишь в размере 1 105 000 ($13 \times 85\,000$) рублей.

Обсуждение

Одним из основных ограничений настоящего исследования является небольшая продолжительность наблюдения за пациентами, что связано с небольшим сроком давности начала работы. Однако даже для такого периода наблюдения удорожание себестоимости эндоваскулярного лечения пациентов с острым ИМпСТ при дополнительном использовании ВСУЗИ в ходе операции очевидно. В ценах 2024г увеличение затрат на каждую операцию составляет около 85 000 рублей. При этом стоимость одного сохраненного человеко-года жизни достигает 195 666 руб.

Таблица 4

Модель расчета потенциальных выгод от использования ВСУЗИ

Временные интервалы (дни)	Вероятность смерти, %			Число пациентов группы ангиографии, которые вероятно выжили бы, если бы ЧКВ было дополнено ВСУЗИ	Число человеко-лет, которые вероятно сохранены были бы, дополнительно
	Группа 1	Группа 2	Различие		
0	6,21	9,63	3,42	9	0,77
30	6,83	11,11	4,28	11	0,96
60	6,83	11,48	4,65	12	2,09
90	6,83	12,22	5,39	14	3,64
120	7,45	12,96	5,51	14	4,96
150	7,45	13,33	5,88	15	6,61
180	7,45	13,33	5,88	15	7,94
210	7,45	13,70	6,25	16	9,84
240	7,45	13,70	6,25	16	11,25
270	7,45	14,07	6,62	17	13,41
300	7,45	14,44	6,99	18	15,73
330	7,45	14,81	7,36	19	18,22
360	7,45	15,55	8,10	21	21,87
Всего					117,29

Примечание: ВСУЗИ — внутрисосудистое ультразвуковое исследование, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство.

Помимо этого, ВСУЗИ позволяет более точно оценить планиметрические и морфологические характеристики поражения, оценить критерии оптимального раскрытия стента [11, 12]. В свою очередь, более качественная имплантация стента позволяет снизить частоту наступления больших неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в отдалённом периоде [13, 16–18]. По данным наиболее крупных международных исследований, оценивающих отдалённую смертность после ЧКВ в когортах пациентов с острым инфарктом миокарда, дополнительное использование ВСУЗИ позволяет снизить общую смертность в среднем в 1,5 раза [19–21].

Таким образом, увеличение затрат на проведение операции, в конечном итоге позволит снизить имплицитную стоимость человеческой жизни пациента после операции, а также увеличить продолжительность жизни пациентов с острым ИМпСТ.

Дальнейшие исследования в данной области будут интересны в плане изучения среднесрочного и долгосрочного прогнозов. Кроме того, дополни-

тельное проведение анализа первичного выхода на инвалидность и качества жизни прооперированных пациентов позволили бы оценить изменение ожидаемой продолжительности жизни и его экономический эффект в годах жизни с соответствующими поправками: DALY (Disability Adjusted Life Years, годы жизни с поправкой на инвалидность) и QALY (Quality Adjusted Life Years, годы жизни с поправкой на качество).

Заключение

Полученные данные позволяют говорить о значительном потенциале рутинного применения ВСУЗИ в эндоваскулярном лечении пациентов с острым ИМпСТ, что может способствовать уменьшению долгосрочных совокупных экономических расходов на их лечение и увеличить общую продолжительность жизни пациентов.

Отношения и деятельность: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

- Ivanov VA, Movsesyants MYu, Trunin IV. Intravascular research methods in interventional cardiology. Medpraktika-M, 2008. 212 p. (In Russ.) Иванов В. А., Мовсесянц М. Ю., Трунин И. В. Внутрисосудистые методы исследования в интервенционной кардиологии. Медпрактика-М, 2008 г. 212 с. ISBN: 978-5-98803-134-5.
- Demin VV. Clinical guidelines for intravascular ultrasound examination. O.: IPK Yuzhny Ural, 2005. — 400 p. (In Russ.) Демин В. В. Клиническое руководство по внутрисосудистому ультразвуковому исследованию. О.: ИПК Южный Урал, 2005. 400 с.
- Vlodaver Z, Frech R, Van Tassel RA, et al. Correlation of the antemortem coronary arteriogram and the postmortem specimen. Circulation. 1973;47:162-9.
- Grondin CM, Dyrda I, Pasternac A, et al. Discrepancies between cineangiographic and postmortem findings in patients with coronary artery disease and recent myocardial revascularization. Circulation. 1974;49:703-8.
- Arnett EN, Isner JM, Redwood DR, et al. Coronary artery narrowing in coronary heart disease: comparison of cineangiographic and necropsy findings. Ann Intern Med 1979;91:350-6.
- Mintz GS, Bourantas CV, Chamié D. Intravascular Imaging for Percutaneous Coronary Intervention Guidance and Optimization: The Evidence for Improved Patient Outcomes. J Soc Cardiovasc Angiogr Interv. 2022;1(6):100413. doi:10.1016/j.jscai.2022.100413.

7. Alekyan BG, Grigoryan AM, Staferov AV, et al. X-ray endovascular diagnostics and treatment of diseases of the heart and blood vessels in the Russian Federation — 2021. *Endovascular surgery*. 2022;9 (special issue):5-67. (In Russ.) Алекян Б.Г., Григорьян А.М., Стаферов А.В. и др. Рентгенэндоваскулярные диагностика и лечение заболеваний сердца и сосудов в Российской Федерации — 2021 год. *Эндоваскулярная хирургия*. 2022;9 (спец. выпуск):5-67. doi:10.24183/2409-4080-2022-9S-S5-S254.
8. Alekyan BG, Boytsov SA, Manoshkina EM, et al. Analysis of Russian national indicators of myocardial revascularization in patients with acute coronary syndrome in 2022. *Russian Journal of Endovascular Surgery*. 2023;10(3):260-9. (In Russ.) Алекян Б.Г., Бойцов С.А., Маношкина Е.М. и др. Анализ российских национальных показателей реваскуляризации миокарда у больных с острым коронарным синдромом в 2022г. *Эндоваскулярная хирургия*. 2023;10(3):260-9. doi:10.24183/2409-4080-2023-10-3-260-269.
9. Demin VV, Babunashvili AM, Kislukhin TV, et al. Application of intravascular physiology methods in clinical practice: two-year data from the Russian registry. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(2):5622. (In Russ.) Демин В.В., Бабунашвили А.М., Кислухин Т.В. и др. Применение методов внутрисосудистой физиологии в клинической практике: двухлетние данные российского регистра. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29(2):5622. doi:10.15829/1560-4071-2024-5622.
10. Demin VV, Babunashvili AM, Ardeev VN, et al. Russian registry for the use of intravascular imaging and physiology methods: two-year results. *International Journal of Interventional Cardioangiography*. 2023;74(3):52-75. (In Russ.) Демин В.В., Бабунашвили А.М., Ардеев В.Н. и др. Российский регистр по использованию внутрисосудистых методов визуализации и физиологии: двухлетние результаты. *Международный журнал интервенционной кардиоангиологии*. 2023;74(3):52-75. doi:10.24835/1727-818X-74-52.
11. Babunashvili AM, Azarov AV, Ardeev VN, et al. Consensus document of the expert group of the Russian scientific society of interventional cardiologists. On the routine use of intravascular imaging modalities (IVUS, OCT) during X-ray endovascular interventions for certain types of coronary artery lesions in chronic coronary syndrome and on the need to equip all X-ray operating rooms in the country with intravascular imaging systems. *International Journal of Interventional Cardioangiography*. 2023;74(3):9-51. (In Russ.) Бабунашвили А.М., Азаров А.В., Ардеев В.Н. и др. Согласительный документ экспертной группы российского научного общества интервенционных кардиологов. О рутинном применении внутрисосудистых визуализирующих модальностей (ВСУЗИ, ОКТ) во время рентгенэндоваскулярных вмешательств при отдельных типах поражений коронарных артерий при хроническом коронарном синдроме и о необходимости оснащения всех рентгеноперационных страны системами внутрисосудистой визуализации. *Международный журнал интервенционной кардиоангиологии*. 2023;74(3):9-51. doi:10.24835/1727-818X-74-9.
12. Demin VV. Modern methods of intravascular visualization — directions of development, search for new technologies. *International Journal of Interventional Cardioangiography*. 2014;(36):35-41. (In Russ.) Демин В.В. Современные методы внутрисосудистой визуализации — направления развития, поиски новых технологий. *Международный журнал интервенционной кардиоангиологии*. 2014;(36):35-41.
13. Zhang J, Gao X, Kan J, et al. Intravascular Ultrasound Versus Angiography-Guided Drug-Eluting Stent Implantation: The ULTIMATE Trial. *J Am Coll Cardiol*. 2018;72(24):3126-37. doi:10.1016/j.jacc.2018.09.013.
14. Räber L, Mintz GS, Koskinas, et al. ESC Scientific Document Group. Clinical use of intracoronary imaging. Part 1: guidance and optimization of coronary interventions. An expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions. *Eur Heart J*. 2018;39(35):3281-300. doi:10.1093/eurheartj/ehy460.
15. Russian Society of Cardiology (RSC). 2020 Clinical practice guidelines for Acute ST-segment elevation myocardial infarction. *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(11):4103. (In Russ.) Российское кардиологическое общество (РКО). Острый инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST электрокардиограммы. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал*. 2020;25(11):4103. doi:10.15829/29/1560-4071-2020-4103.
16. Hong SJ, Mintz GS, Ahn CM, et al. IVUS-XPL Investigators. Effect of Intravascular Ultrasound-Guided Drug-Eluting Stent Implantation: 5-Year Follow-Up of the IVUS-XPL Randomized Trial. *JACC Cardiovasc Interv*. 2020;13(1):62-71. doi:10.1016/j.jcin.2019.09.033.
17. Barkalov MN, Atanesyan RV, Matchin YuG. Endovascular treatment of patients with extended and diffuse lesions of the coronary arteries. *Cardiology Bulletin*. 2020;15(4):10-21. (In Russ.) Баркалов М.Н., Атанесян Р.В., Матчин Ю.Г. Эндоваскулярное лечение больных с протяженными и диффузными поражениями коронарных артерий. *Кардиологический вестник*. 2020;15(4):10-21. doi:10.36396/MS.2020.15.4.002.
18. Zauralov OE, Ardeev VN, Demin VV, et al. Intravascular imaging and physiological assessment of coronary blood flow for treatment strategy in patients with acute coronary syndrome. Analysis of Russian registry of intravascular imaging and physiological methods in 2021-2022. *Russian Cardiology Bulletin*. 2024;19(3):43-52. (In Russ.) Зауралов О.Е., Ардеев В.Н., Демин В.В. и др. Роль внутрисосудистой визуализации и физиологической оценки коронарного кровотока в определении стратегии лечения у пациентов с острым коронарным синдромом. Анализ итогов работы Российского регистра по использованию внутрисосудистых методов визуализации и физиологии за 2021-2022гг. *Кардиологический вестник*. 2024;19(3):43-52. doi:10.17116/Cardiobulletin20241903143.
19. Roh JW, Bae S, Johnson TW, et al. KAMIR-NIH Investigators. Impact of Intravascular Ultrasound-Guided Percutaneous Coronary Intervention in Patients With Acute Myocardial Infarction and Chronic Kidney Disease. *Circ J*. 2023;87(10):1339-46. doi:10.1253/circj.CJ-23-0189.
20. Kim Y, Bae S, Johnson TW, et al. KAMIR-NIH (Korea Acute Myocardial Infarction Registry-National Institutes of Health) Investigators [Link]. Role of Intravascular Ultrasound-Guided Percutaneous Coronary Intervention in Optimizing Outcomes in Acute Myocardial Infarction. *J Am Heart Assoc*. 2022;11(5):e023481. doi:10.1161/JAHA.121.023481.
21. Choi IJ, Lim S, Choo EH, et al. Impact of Intravascular Ultrasound on Long-Term Clinical Outcomes in Patients With Acute Myocardial Infarction. *JACC Cardiovasc Interv*. 2021;14(22):2431-43. doi:10.1016/j.jcin.2021.08.021.